

JP7121240

Publication Title:

METHOD AND DEVICE FOR FLOW RATE CONTROL

Abstract:

Abstract of JP7121240

PURPOSE: To provide high-precision and large-flow-rate control which utilizes PWM control. **CONSTITUTION:** One reference valve which is selected among plural two-position operation valves V1-V4 which are combined in parallel is switched sequentially and periodically and its opening time T2 is varied within a switching period T1; and only the reference value is opened for a small flow rate and following reference values are opened for a large flow rate successively in switching order to perform the PWM control over the whole combination of the two-position operation valves V1-V4, thereby sufficiently securing an operation period T3 for the control period T1 of the respective two-position operation valves V1-V4.

Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide

Courtesy of <http://v3.espacenet.com>

(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平7-121240

(43)公開日 平成7年(1995)5月12日

(51)IntCl.6

G 0 5 D 7/06

G 0 5 B 11/28

識別記号 庁内整理番号

B 9324-3H

7531-3H

F I

技術表示箇所

(21)出願番号

特願平5-267181

(22)出願日

平成5年(1993)10月26日

(71)出願人 000173784

財団法人鉄道総合技術研究所

東京都国分寺市光町2丁目8番地38

(72)発明者 佐々木 君章

東京都国分寺市光町二丁目8番地38 財団
法人鉄道総合技術研究所内

(72)発明者 鴨下 庄吾

東京都国分寺市光町二丁目8番地38 財団
法人鉄道総合技術研究所内

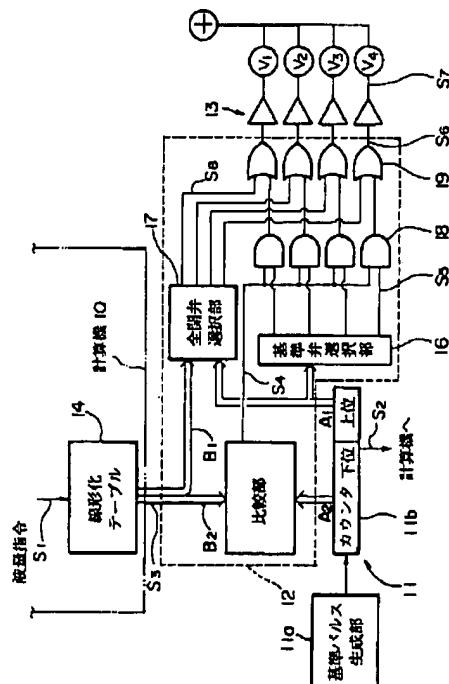
(74)代理人 弁理士 志賀 正武 (外2名)

(54)【発明の名称】 流量制御方法および装置

(57)【要約】

【目的】 流量制御方法および装置に係り、 PWM制御を利用した高精度かつ大流量の流量制御の実現を図る。

【構成】 並列に組み合わせられる複数の二位置動作弁6の中から選択する一の基準弁を順次周期的に切り替え、その開時間T₂を切替周期T₁内で変化させ、小流量のときには基準弁のみ開状態とし、大流量では、次に基準弁になるものから切替順に連続して開状態とすることにより、二位置動作弁6の組み合わせ全体としてPWM制御を実施し、各二位置動作弁6の制御周期T₁に対する動作周期T₃を十分に確保する。



1

【特許請求の範囲】

【請求項1】 並列に組み合わせられる複数の二位置動作弁の中から一の基準弁を選択し、該基準弁となる二位置動作弁を順次周期的に切り替えるとともに、該基準弁の開時間を指示流量に基づいて切替周期内で変化させ、指示流量が基準弁の最大流量よりも小さいときには、基準弁以外の二位置動作弁を閉状態とし、大きいときには、次に基準弁に切り替えられるものから切替順に一以上の二位置動作弁を、基準弁となるまでの間連続して開状態とすることを特徴とする流量制御方法。

【請求項2】 並列に組み合わせられる複数の二位置動作弁と、該二位置動作弁を開閉する制御手段とを具備し、該制御手段が、前記二位置動作弁の中から基準弁となる一の二位置動作弁を順次周期的に選択する基準弁選択手段と、選択された基準弁の開時間を指示流量に基づいて設定する開時間設定手段と、指示流量の値が基準弁の最大流量よりも大きいときに、連続して開状態とされる他の一以上の二位置動作弁を、前記基準弁の次に基準弁とされるものから切替順に選択する全開弁選択手段とを具備していることを特徴とする流量制御装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、空気圧あるいは油圧利用設備等における作動流体の流量制御方法および装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】 従来、空気や油等の作動流体を利用した設備における作動流体の流量を制御する方法としては、弁の流路面積を変化させる方式のものと、弁を高頻度で開閉しつつ開時間を変化させる方式のものと考えられている。前者は、比例制御弁やサーボ弁等により実現され、後者は、例えば、PWM (Pulse Width Modulation: パルス幅変調) 制御により駆動される二位置動作弁によって実現される。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】 ところで、比例制御弁等の流路面積を変化させる流量制御方法は、流路面積を連続的に変化させて滑らかな流量制御を実施することができるという利点がある。しかし、このような弁は、弁の中間開度、すなわち、弁体が弁の全開と全閉の中間位置に配される状態を利用するために、経時的な特性変化や、作動流体の清浄度の低下等の不都合を生じ易い。

【0004】 これに対して、PWM制御を利用した流量制御方法では、常に全開または全閉のどちらかの状態となる二位置動作弁が使用されるので、上記不都合は低減され、精度の高い流量制御を実施することが可能である。しかしながら、これとは逆に、PWM制御は二位置動作弁の使用を前提としているために、開閉を高速で切り替える必要性から、弁体の重量を大きくすることができないことに加えて、全閉状態から全開状態に不連続に

2

切り替えられるために、大きな流量変動を伴うという不都合がある。したがって、この不都合を回避するためには、二位置動作弁自体は小型化される必要があり、大流量の流量制御としてPWM制御を適用することは困難であった。

【0005】 さらに、小流量の流量制御を実施する場合であっても、その流量を実現し得る小型の二位置動作弁単体によって、PWM制御を実施しようとすると、高域における周波数特性の低下により、所望の精度の流量制御を実現することができないという問題点がある。

【0006】 本発明は、上述した事情に鑑みてなされたものであって、PWM制御を利用した高精度かつ大流量の流量制御を実現することを目的としている。

【0007】

【課題を解決するための手段】 上記目的を達成するために、本発明は、次の2つの手段を提案している。第1の手段は、並列に組み合わせられる複数の二位置動作弁の中から一の基準弁を選択し、該基準弁となる二位置動作弁を順次周期的に切り替えるとともに、該基準弁の開時間を指示流量に基づいて切替周期内で変化させ、指示流量が基準弁の最大流量よりも小さいときには、基準弁以外の二位置動作弁を閉状態とし、大きいときには、次に基準弁に切り替えられるものから切替順に一以上の二位置動作弁を、基準弁となるまでの間連続して開状態とする流量制御方法を提案している。

【0008】 また、第2の手段は、並列に組み合わせられる複数の二位置動作弁と、該二位置動作弁を開閉する制御手段とを具備し、該制御手段が、前記二位置動作弁の中から基準弁となる一の二位置動作弁を順次周期的に選択する基準弁選択手段と、選択された基準弁の開時間を指示流量に基づいて設定する開時間設定手段と、指示流量の値が基準弁の最大流量よりも大きいときに、連続して開状態とされる他の一以上の二位置動作弁を、前記基準弁の次に基準弁とされるものから切替順に選択する全開弁選択手段とを具備している流量制御装置を提案している。

【0009】

【作用】 本発明の第1の手段に係る流量制御方法によれば、並列に組み合わせられた複数の二位置動作弁の中から一の基準弁を選択し、この基準弁となる二位置動作弁を周期的に切り替えるとともに、指示流量に基づいてその開時間を変化させることにより、複数の二位置動作弁全体としてPWM制御が実施される。この場合にあって、指示流量が基準弁の最大流量よりも小さいときには、各二位置動作弁は、全ての二位置動作弁が選択される間に1回だけ基準弁として選択され、他の時間は閉状態とされるので、その動作周期は、切替周期に二位置動作弁の数をかけた時間となり、高周波数域における特性低下を回避することが可能となる。

【0010】 さらに、指示流量が基準弁の最大流量より

も大きいときには、基準弁として選択される二位置動作弁に加えて、他の二位置動作弁をも開状態とすることにより、流量を増大させることが可能となる。この場合に、基準弁以外の二位置動作弁は、次に基準弁となるものから切替順に選択され、かつ、基準弁に選択されるまで開状態とされるので、各二位置動作弁の動作周期は、前記指示流量が小さい場合と同じであり、同様にして、特性低下が回避されることになる。

【0011】また、本発明の第2の手段に係る流量制御装置によれば、指示流量が入力されると制御手段が作動され並列に組み合わせられている各二位置動作弁が次のように開閉させられる。まず、開時間設定手段が作動され、指示流量に基づいて開時間が設定される。そして、基準弁選択手段の作動によって、一の二位置動作弁が基準弁として順次周期的に選択され、各基準弁が設定された開時間だけ開かれる。これにより、複数の二位置動作弁全体としてPWM制御による流量制御が実現され、指示流量と同じ流量が精度良く流通させられることになる。

【0012】さらに、指示流量が基準弁の最大流量よりも大きいときには、全開弁選択手段が作動され、基準弁以外の二位置動作弁が開状態とされ、流量が増大される。この場合に、次に基準弁となるものから切替順に一以上の二位置動作弁が選択され、かつ、基準弁に選択されるまでの間、連続して開状態とされることにより、各二位置動作弁の動作周期を短縮することなく、大流量の流量制御を実施することが可能となる。

【0013】

【実施例】以下、本発明に係る流量制御方法の第1実施例について、図1ないし図5を参照して説明する。本実施例の流量制御方法は、例えば、図2に示すように、鉄道車両におけるアクティブサスペンションに適用される。

【0014】このアクティブサスペンションは、車体1と台車2との間に配される複数のシリンダ3・4であって、車体1の動搖に応じてシリンダ3・4に供給される空気圧を調整することにより、車体1の動搖を実時間で抑制するものである。本実施例では、図2に示すように、上下方向に駆動される複動式のシリンダ3を車体1の左右に配し、左右方向に駆動される複動式のシリンダ4を車体1の中央位置に配することにより、左右のシリンダ3によって車体1の上下方向の動搖およびローリングを抑制し、中央のシリンダ4によって、左右方向の動搖およびヨーイング等を抑制することができるようになっている。

【0015】前記アクティブサスペンションへの空気圧は、例えば、各シリンダ3について設けられた図3に示す流量制御装置5によって各シリンダ3ごとに調整されて供給されるようになっている。該流量制御装置5は、並列に組み合わせられる複数の電磁弁6（二位置動作

弁）と、該電磁弁6を駆動する制御装置7（制御手段）とから構成されている。前記電磁弁6は、シリンダ3のヘッド側およびロッド側のそれぞれの圧力室3a・3bに対して、8個ずつ設けられており、そのうちの4個ずつが増圧側および減圧側の電磁弁6として機能するようになっている。なお、図中符号8は、空気圧源である。

【0016】前記制御装置7は、シリンダ3の圧力室3a・3bに設けた圧力センサ9からの圧力値等に基づいて各圧力室3a・3bに流入させるべき空気流量、あるいは、各圧力室3a・3bから流出させるべき空気流量を計算する計算機10に接続され、該計算機10から出力される流量指令S1に基づいて、各電磁弁6を開閉するようになっている。

【0017】以下、増圧側4個の電磁弁V1～V4により流量制御を実施する場合について説明する。本実施例の流量制御装置5では、各電磁弁6の最大流量以内の流量の空気を流通させたい場合に、4個の電磁弁V1～V4の中から1つの電磁弁のみを選択する（以下、選択された電磁弁6を基準弁といいう。）。そして、該基準弁となる電磁弁6を一定周期（切替周期＝制御周期）T1で順次切り替えるとともに、該基準弁の開時間T2を流量指令S1に基づいて調整することにより、並列に組み合せられた電磁弁V1～V4全体としてPWM制御が実施されるようになっている。すなわち、指示流量をQ、電磁弁6単体の最大流量をq...、とすると、開時間比率wは、

$$w = Q / q...$$

となる（図4参照）。

【0018】また、各電磁弁6の最大流量よりも大きな流量の空気を流通させたい場合には、上記PWM制御を実施しながら、基準弁以外の電磁弁6を開くことにより対応するようになっている。すなわち、開時間比率wは、

$$w = Q / q... - 1$$

$$i = \text{INT}(Q / q...)$$

であり、基準弁以外の1個の電磁弁6を開時間比率100%（全開状態）とすればよい（図5参照）。

【0019】具体的に、このような流量制御を実施するために、前記制御装置7は、図3に示すように、基準クロックを生成する基準クロック生成部11と、前記計算機10から出力される流量指令S1を、前記基準クロックを基にして各電磁弁6の開時間および切替順序に変換する論理部12と、該論理部12からの出力を電磁弁6の駆動用に增幅する増幅部13とから構成されている。

【0020】前記基準クロック生成部11は、正確な間隔をおいて生成される基準パルス生成部11aと、該基準パルス生成部11aで生成された基準パルスの数を計数して出力するカウンタ11bとを備えている。カウンタ11bは、例えば、9ビットで構成され、そのうち上位2ビットが、基準弁の選定情報A1を示し、下位7ビットが、基準弁の開時間設定情報A2を示すようにな

っている。基準弁の選定情報 A_1 を 2 ビットとしたのは、並列駆動される電磁弁 6 が 4 個 1 組で構成されているからである。

【0021】すなわち、カウンタ 11b の上位 2 ビットが、「00」のときには電磁弁 V_1 、「01」のときには電磁弁 V_2 、「10」のときには電磁弁 V_3 、「11」のときには電磁弁 V_4 を、それぞれ基準弁として選択する。以下、この選択の順序を切替順序という。また、電磁弁 6 の数を増減する場合には、選定情報 A_1 のビット数を増減することにより対応できる。そして、最上位のビットが「1」から「0」に切り替わるときに、計算機 10 に割込信号 S_2 を送り、新たな流量指令 S_1 の論理部 12 への入力を要求するようになっている。

【0022】この割込信号 S_2 を受信した計算機 10 からは、圧力センサ 9 等による情報から計算される流量指令 S_1 が、線形化テーブル 14 によって、9 ビットの指示流量情報 S_3 に変換されて論理部 12 に入力されるようになっている。この指示流量情報 S_3 は、下位 7 ビットが実質的に電磁弁 6 単体の流量情報 B_2 となり、上位 2 ビットが流量指令 S_1 を実現するために全開状態とされる全開弁数情報 B_1 を示すようになっている。すなわち、全開弁数情報 B_1 が「00」のときには基準弁のみが開閉され、「01」、「10」、「11」のときには、基準弁以外の電磁弁 6 が 1 ~ 3 個全開状態とされるようになっている。また、本実施例の流量制御装置 5 では、シリング 3・4 の増圧・減圧側にそれぞれ 4 個 1 組の電磁弁 6 を設けているので、これを切り替えるための情報として、他に 1 ビットを用意することとしてもよい。

【0023】前記論理部 12 は、前記基準クロック生成部 11 から入力される開時間設定情報 A_2 と計算機 10 側から入力される流量情報 B_2 を比較して、開時間設定情報 A_2 が流量情報 B_2 よりも小さい場合に限り開指令信号 S_4 を出力する比較部 15 (開時間設定手段) と、基準弁の選定情報 A_1 を基にして基準弁の選択信号 S_6 を出力する基準弁選択部 16 (基準弁選択手段) と、全開弁数情報 B_1 と基準弁の選定情報 A_1 とから全開状態とする電磁弁 6 を選択する全開弁選択部 17 (全開弁選択手段) とを備えている。図 1 において、符号 18 は AND 回路、19 は OR 回路であり、論理部 12 全体は、例えば、PLD (Programmable Logic Device: 書込可能論理デバイス) によって構成される。

【0024】前記全開弁選択部 17 は、基準弁に選択される電磁弁 6 の選定情報 A_1 により、次に基準弁に選択される電磁弁 6 から切替順序にしたがって、全開弁数情報 B_1 に示される数の電磁弁 6 を選択するようになっている。例えば、選定情報 A_1 が「10」であり、全開弁数情報 B_1 が「10」であるときは、次に基準弁に選択される電磁弁 6 は電磁弁 V_4 であり、全開とされる電磁弁 6 の数は 2 であるから、 V_4 および V_1 が選択されるこ

とになる。

【0025】また、前記増幅部 13 は、例えば OP アンプ回路で構成され、OR 回路 19 から出力される TTL 信号レベルの電磁弁 6 の開閉指令信号 S_6 を増幅して、電磁弁駆動信号 S_7 とするようになっている。

【0026】このように構成された流量制御装置 5 の作動について、以下に説明する。カウンタ 11b の最上位ビットが立ち下がると、カウンタ 11b は初期状態となるとともに、計算機 10 に対して割込信号 S_2 が発せられる。この割込信号 S_2 が計算機 10 に入力されると、計算機 10 からの流量指令 S_1 が線形化テーブル 14 を介して 9 ビットの指示流量情報 S_3 として論理部 12 に入力される。

【0027】まず、計算機 10 からの流量指令 S_1 が、各電磁弁 6 単体の最大流量よりも小さいときには、指示流量情報 S_3 の上位 2 ビット (全開弁数情報) B_1 は「00」であり、全開弁選択部 17 からの出力信号ではなく、基準弁以外の電磁弁 6 は閉状態に保持される。カウンタ 11b の下位 7 ビット (開時間設定情報) A_2 および指示流量情報 S_3 の下位 7 ビット (流量情報) B_2 は、比較部 15 に入力されることによって比較され、開時間設定情報 A_2 が流量情報 B_2 よりも小さいときにのみ、比較部 15 から開指令信号 S_4 が出力される。一方、カウンタ 11b の上位 2 ビット (基準弁の選定情報) A_1 は、基準弁選択部 16 に入力され、該選定情報 A_1 に基づいて、電磁弁 V_1 ~ V_4 の中から 1 個の基準弁が選択される。基準弁選択部 16 は、基準弁に選択された電磁弁 6 に対応する出力端子に基準弁選択信号 S_6 を出力する。

【0028】そして、開指令信号 S_4 および基準弁選択信号 S_6 が同時に入力される AND 回路 18 から増幅部 13 に開閉指令信号 S_6 が出力され、対応する電磁弁 6 が開状態とされる。この場合に、開指令信号 S_4 は、開時間設定情報 A_2 が流量情報 B_2 よりも小さいときにのみ出力されるので、流量情報 B_2 に基づく時間分だけ、基準弁が開状態とされることになる。以降、開時間設定情報 A_2 の最上位ビットが繰り上がる度に、選定情報 A_2 が更新され、基準弁が切替順序にしたがって、順次切り替えられる (図 4)。これにより、並列に組み合せられた電磁弁 V_1 ~ V_4 全体において、各電磁弁 6 単体の最大流量以下の流量域における PWM 制御が実施されることになる (図 4 最下段)。

【0029】ここで、図 4 に示すように、本実施例の流量制御方法による PWM 制御の制御周期 T_1 は、基準弁の切替周期 T_1 と一致しているが、各電磁弁 6 の動作周期 T_2 は、その切替周期 T_1 に電磁弁 6 の数を乗じた値となっており、流量制御の精度が、電磁弁 6 の高周波数域における性能によって左右されることなく、高精度に維持されることになる。

【0030】また、流量指令 S_1 が各電磁弁 6 単体の最大流量よりも大きい場合には、上記 PWM 制御が実施さ

れるとともに、全開弁数情報B₁および基準弁の選定情報A₁に基づいて全開弁選択部17から電磁弁6に対応する出力端子に全開弁選択信号S₈が出力され、対応する電磁弁6が全開状態とされる。これにより、図5に示すように、開時間が調整される基準弁の他に、全切替時間間に亘って全開とされる電磁弁6が設けられ、並列に組み合わせられた電磁弁V₁～V₄全体として、大流量のPWM制御が実施されることになる(図5最下段)。

【0031】ここで、本実施例の流量制御方法では、全開状態とされる電磁弁6を、次に基準弁に切り替えられる電磁弁6から切替順序にしたがって選択することとしたので、全開状態にされた電磁弁6は、基準弁に選択されて所定開時間を経過した後に閉状態とされるまで、連続して開かれることになる。これにより、各電磁弁6の動作周期T₁は、上記小流量の場合の動作周期T₃と同じになり、高精度の流量制御を実施することができる。

【0032】このように、本実施例の流量制御方法によれば、高速開閉される電磁弁6を利用してるので、経時的な特性変化を生ずることがない。また、小流量の電磁弁6を複数並列に組み合わせることによって、大流量の流量制御を実施し得るようにし、しかも、全流量域に亘って制御周期T₁に対して大きな動作周期T₃を確保することとしたので、滑らかでかつ精度の高い流量制御を実施することができる。

【0033】なお、上記説明では、1つのシリンダ3・4の増圧側の制御についてのみ説明したが、これと同様のものを、当該シリンダ3・4の減圧側および全てのシリンダ3・4について適用することにより、アクティブサスペンションを構築することができる。したがって、このような流量制御方式により制御されるアクティブサスペンションにおいては、経時的に変化することなく滑らかかつ高精度に駆動され、車体1の動搖を有効に減衰させて、快適な乗り心地を耐久的に実現することができるものである。

【0034】次に、本発明に係る流量制御方法をブレーキの圧力制御に適用した場合の実施例を図6に示す。本実施例では、車輪20とともに回転するブレーキディスク21にディスクパッド22を付勢するブレーキシリンダ23への作動流体の流量を制御するものであり、制御装置7に入力されるブレーキ力指令S₁₀と、車輪20の滑走情報S₁₁とに基づいて、並列に組み合わせられた電磁弁6を作動させるようになっている。図において、符号24は圧力センサ、25は滑走検知用のエンコーダーである。

【0035】このようなブレーキの圧力制御に本発明の流量制御方法を適用すれば、ブレーキシリンダ23の圧力を滑らかに制御することができるので、車輪20の滑走を有効に抑制することができる。また、高速の電磁弁6を使用することにより、良好な過渡特性を得ることができ、ブレーキ圧力を素速く変化させて、滑走が大

きくなる前にブレーキ力を減少させることができる。

【0036】このように、本発明の流量制御方法および装置は、上記実施例に示した適用例に限られず、広い流量範囲に亘って滑らかで高精度の流量制御を実施すべき装置に広く適用することができるものである。また、作動流体として空気を使用する適用例について示したが、これに代えて、油圧等、他の作動流体を使用する装置に適用することとしてもよい。さらに、電磁弁6を4個並列に組み合わせる構成としたが、これに代えて、任意数の電磁弁を並列に組み合わせることとしてもよい。なお、電磁弁に代えて、他の任意の二位置動作弁を使用することとしてもよい。

【0037】

【発明の効果】以上詳述したように、本発明に係る流量制御方法および装置は、並列に組み合わせられる複数の二位置動作弁の中から選択する一の基準弁を順次周期的に切り替え、その開時間を切替周期内で変化させ、小流量のときには基準弁のみ開状態とし、大流量では、次に基準弁になるものから切替順に連続して開状態とするので、以下の効果を奏する。

① 中間開度を利用する比例制御弁等を使用せずに二位置動作弁を使用するので、経時的な特性変化や作動流体の清浄度を低下させることなく、耐久的に高い制御性能を維持することができる。② 二位置動作弁を並列に組み合わせ、開時間を調整した一の基準弁を周期的に切り替えることとしたので、制御周期に対する動作周期を長く確保し得て、二位置動作弁の高域特性に拘わらず、精度の高い流量制御を実施することができる。

③ 流量に応じて基準弁以外の二位置動作弁を開状態とし、かつ、大流量における場合にも、各二位置動作弁の動作周期を長く確保することができるので、小流量から大流量までの広い流量域における高精度の流量制御を行うことができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の流量制御方法の第1実施例を示すプロック図である。

【図2】図1の流量制御方法を適用する車両を示す模式図である。

【図3】図2のアクティブサスペンションを示す図である。

【図4】図3のアクティブサスペンションにおける小流量時のタイムチャートを示す図である。

【図5】図3のアクティブサスペンションにおける大流量時のタイムチャートを示す図である。

【図6】本発明の流量制御方法の他の実施例を示す図である。

【符号の説明】

Q 指示流量

Q_{max} 最大流量

w 開時間比率

A₁ 基準弁の選定情報A₂ 開時間設定情報B₁ 全開弁数情報B₂ 流量情報S₁ 流量指令S₂ 割込信号S₃ 指示流量情報S₄ 開指令信号S₅ 基準弁選択信号S₆ 開閉指令信号S₇ 電磁弁駆動信号S₈ 全開弁選択信号S₁₀ ブレーキ力指令S₁₁ 滑走情報T₁ 切替周期、制御周期T₂ 開時間T₃ 動作周期

5 流量制御装置

6・V₁～V₄ 電磁弁（二位置動作弁）

7 制御手段

10 計算機

11 基準クロック生成部

12 論理部

13 増幅部

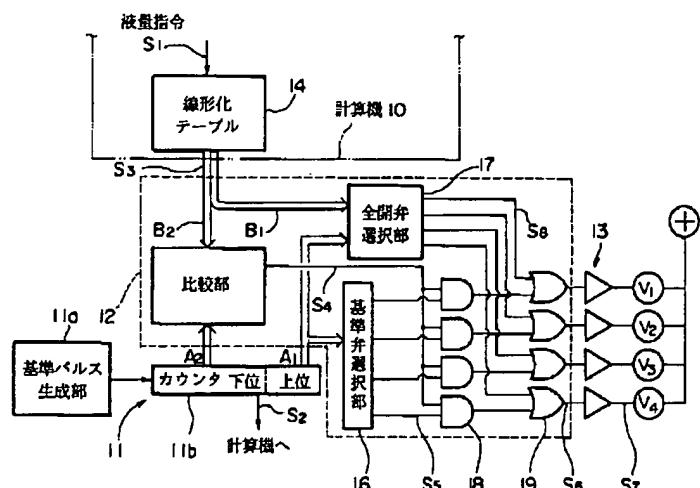
15 比較部（開時間設定手段）

16 基準弁選択部（基準弁選択手段）

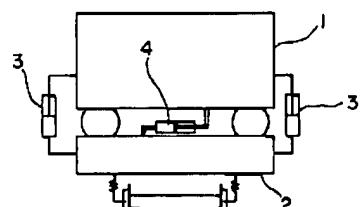
17 全開弁選択部（全開弁選択手段）

10

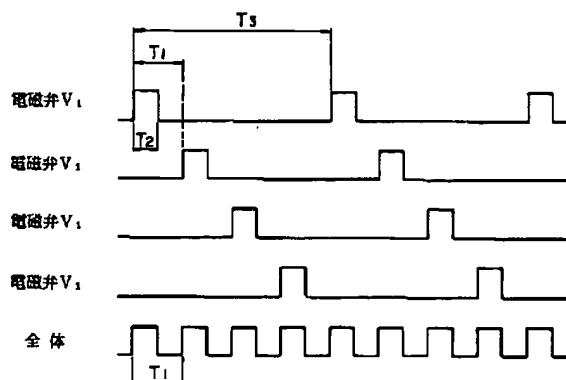
【図1】



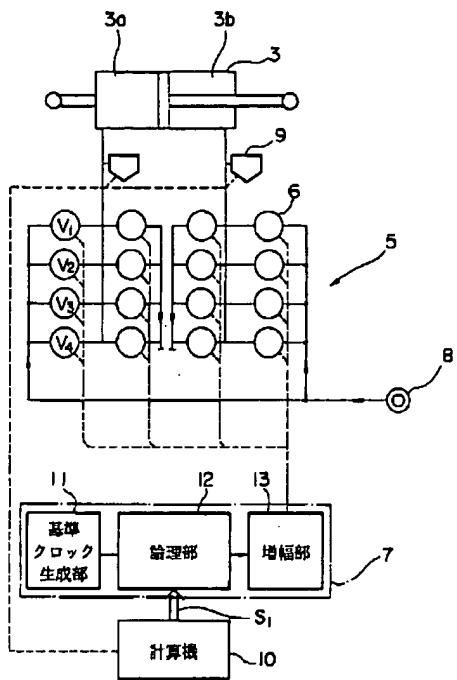
【図2】



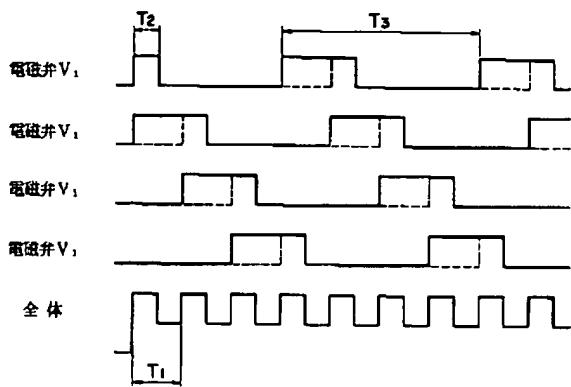
【図4】



【図3】



【図5】



【図6】

